

УДК 621.396.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ЩЕЛЕВОЙ АНТЕННЫ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ HIGH FREQUENCY SYSTEM SIMULATOR

К.И. КРЕМЕНЯ, канд. техн. наук, доц. **В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ**
(Полоцкий государственный университет)

Представлены результаты моделирования эллиптической щелевой антенны в программном пакете High Frequency System Simulator. Показана конструкция антенны с описанием основных её частей. Установлены закономерности изменения характеристик эллиптической щелевой антенны в зависимости от вариаций толщины диэлектрика. Даны рекомендации по разработке сверхширокополосных антенн при выборе толщины используемого диэлектрика. Результаты исследования могут быть использованы для построения широкополосных антенн в системах телекоммуникаций.

Введение. Разработка и создание антенн, соответствующих современным рыночным требованиям, предполагает использование передовых инструментов и методов, позволяющих выполнить инженерные расчеты для определения функциональности и рабочих характеристик будущего устройства. Основным таким методом в настоящее время стало компьютерное моделирование. Используя современные программные пакеты, можно без труда создавать на компьютере любую форму антенны, задавать всевозможные материалы, а затем получить необходимые характеристики. Более того, можно исследовать антенну и, изменяя ее параметры, оптимизировать под конкретные условия и требования. В условиях реальной антенны многие параметры измерить либо очень трудно, либо практически невозможно.

Одним из инструментов, позволяющих выполнить проектирование антенн, рассчитать их технические характеристики, провести компьютерный эксперимент, моделирующий условия реального мира, является программа High Frequency System Simulator (HFSS), в которой и было проведено исследование зависимости характеристик эллиптической щелевой антенны от изменения толщины подложки.

Конструкция антенны. Внешний вид сторон *A* и *B* эллиптической щелевой антенны приведен на рисунке 1, *a*, *б* соответственно.

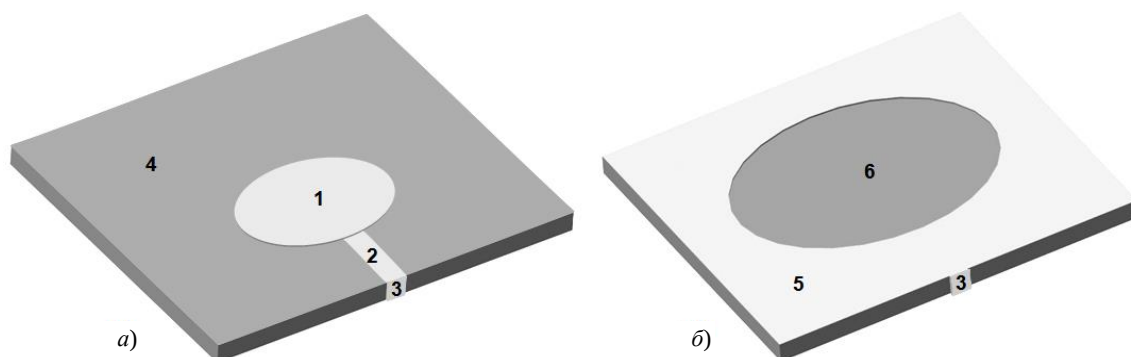


Рис. 1. Внешний вид сторон антенны:

1 – эллиптический резонатор; 2 – линия питания; 3 – дискретный порт;
4 – диэлектрическое основание антенны; 5 – земляная поверхность; 6 – щель эллиптического вида

Выполняется антенна на диэлектрическом основании 4, с одной стороны металлический резонатор эллиптического вида 1 с подведенной линией питания 2, с другой – по всей площади диэлектрика металлический экран 5 со щелью в виде эллипса 6. Возбуждение антенны происходит от дискретного порта 3 с волновым сопротивлением 50 Ом.

Резонансные длины волн эллиптического вида резонатора можно определить из выражения

$$\lambda_{рез} = \frac{\alpha \pi \sqrt{S_{эф} \cdot e}}{\sqrt{q_{mn}^{s,e}}},$$

где $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$ – эксцентриситет эллипса; $q_{mn}^{s,e}$ – n -й корень четной или нечетной функции Маттье первого рода m -го порядка [1].

Резонатор эллиптической формы обладает хорошими диапазонными свойствами и в основном используется в нерезонансных микрополосковых антеннах [2].

Результаты исследования. Материалом диэлектрика в HFSS был выбран Rogers RO3003 с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$ толщиной 1,575, 2 и 3 мм. В качестве материала излучающей поверхности выбрана медь толщиной 0,3 мм. Длина антенны 40 мм, ширина 35 мм. Исследуемый диапазон частот от 2,5 до 20 ГГц.

В ходе моделирования получены характеристики: диаграмма направленности (ДН) антенны, коэффициент стоячей волны (КСВ), коэффициент отражения от входа антенны (S11), показанные на рисунках 2 – 4 соответственно.

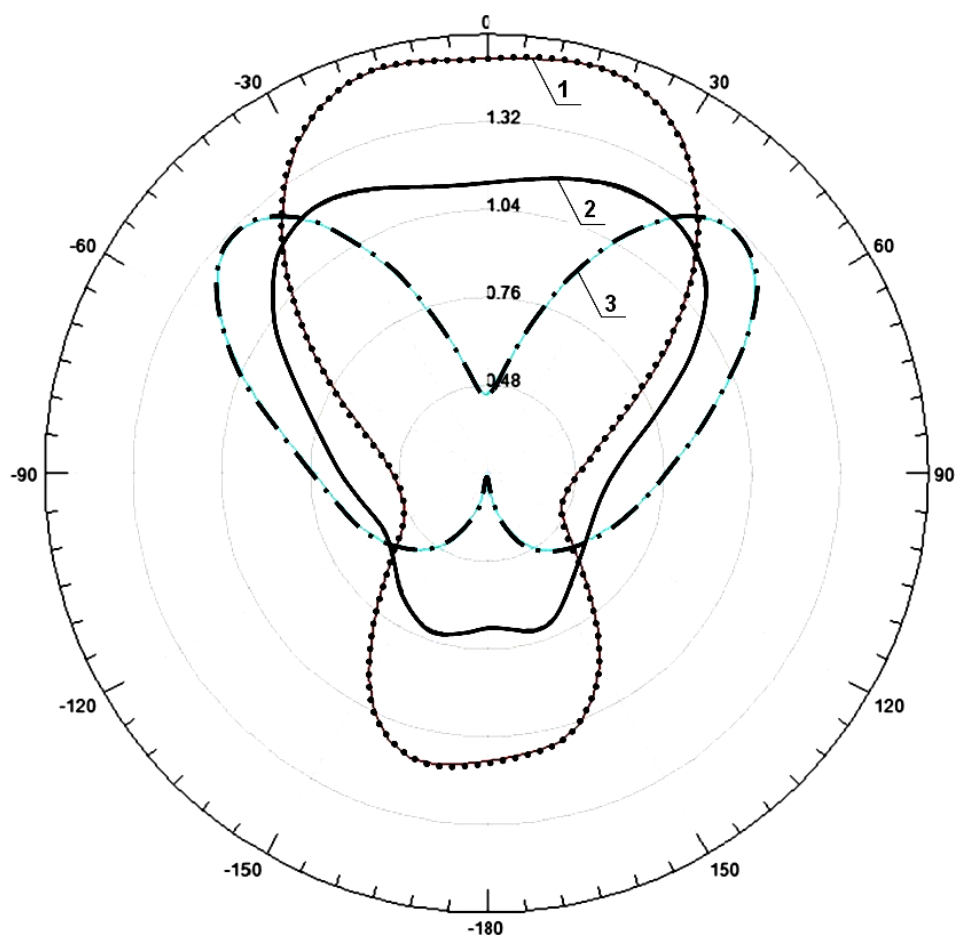


Рис. 2. Диаграмма направленности антенны:

1 – толщина диэлектрика 1,575 мм; 2 – толщина диэлектрика 2 мм; 3 – толщина диэлектрика 3 мм

Для диэлектрика толщиной 1,575 мм коэффициент направленного действия антенны равен 1,44, антенна излучает как в прямом, так и в обратном направлении, ширина диаграммы направленности 91° .

Для диэлектрика толщиной 2 мм ширина диаграммы направленности составляет 106° , коэффициент направленного действия антенны – 1,17, в направлении 0° получается небольшой провал диаграммы направленности до 1,13, антенна также незначительно излучает в обратном направлении.

Для диэлектрика толщиной 3 мм в направлении 0° антенна имеет провал диаграммы направленности. По диаграмме видно, что антенна излучает в сторону -50 и 50° .

У антенны с толщиной диэлектрика 1,575 мм наблюдаются хорошие согласующие свойства на отрезке частот от 6,2 до 20 ГГц, но более равномерное значение КСВН прослеживается на частоте от 9,5 до 12,5 ГГц.

У антенны с толщиной диэлектрика 2 мм на отрезке частот от 6 до 13,3 ГГц и от 17,6 до 20 ГГц также наблюдаются хорошие согласующие свойства.

У антенны с толщиной диэлектрика 3 мм хорошее согласование наблюдается на отрезке частот от 8 до 12,4 ГГц и от 17,6 до 20 ГГц, значение КСВ изменяется от 1,3 до 2.

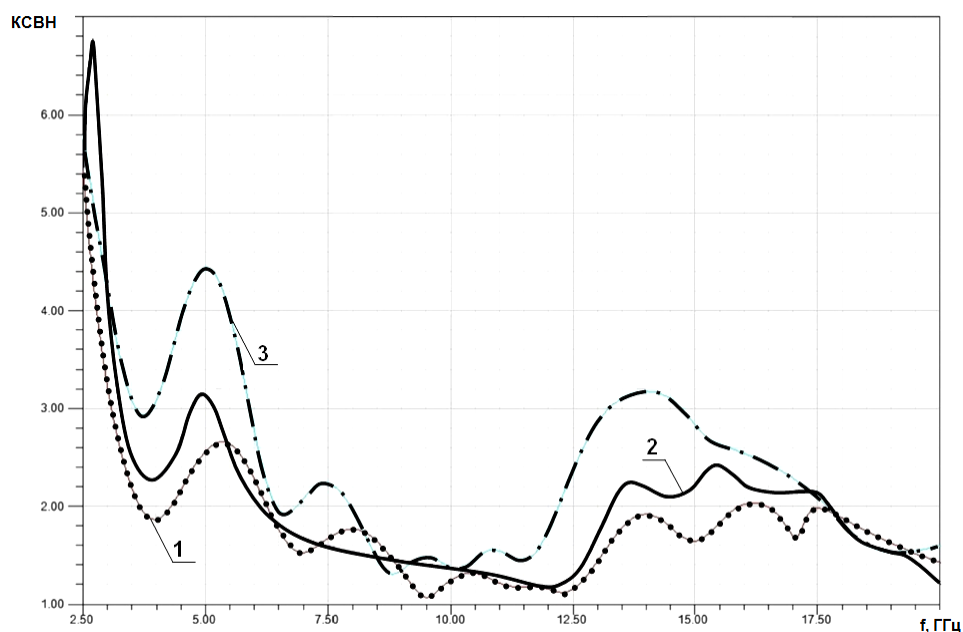


Рис. 3. Коэффициент стоячей волны:

1 – толщина диэлектрика 1,575 мм; 2 – толщина диэлектрика 2 мм; 3 – толщина диэлектрика 3 мм

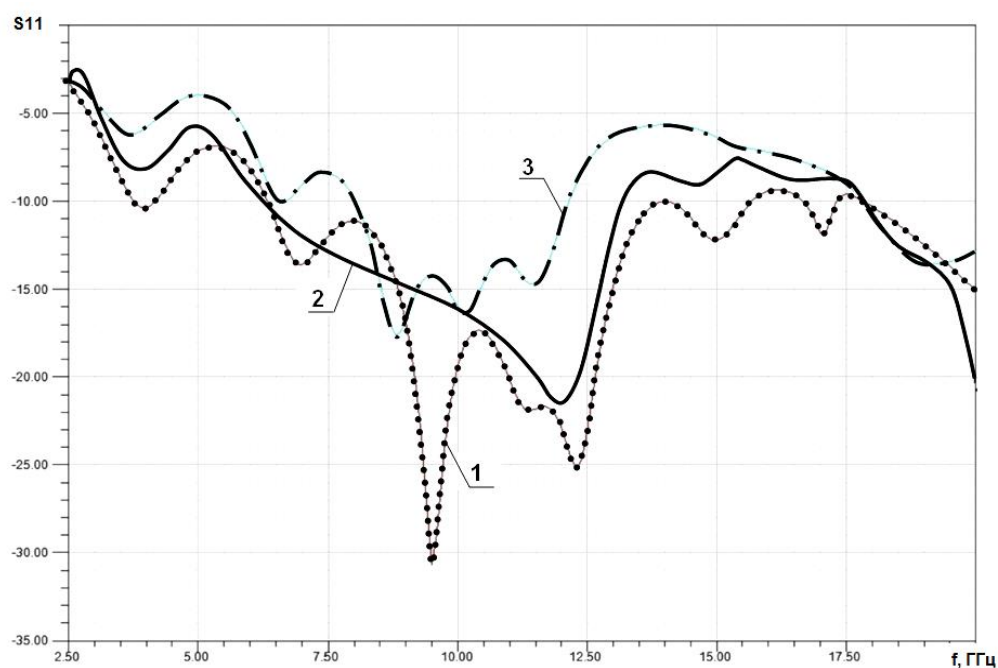


Рис. 4. Коэффициент отражения от входа антенны:

1 – толщина диэлектрика 1,575 мм; 2 – толщина диэлектрика 2 мм; 3 – толщина диэлектрика 3 мм

У антенны с толщиной диэлектрика 1,575 мм величина коэффициента отражения от входа уменьшается от -3 дБ на частоте 2,5 ГГц до -30 дБ на частоте 9,5 ГГц. С дальнейшим ростом частоты значение S_{11} увеличивается. Величина коэффициента отражения изменяется от -31 до -10 дБ. На частоте 9,5 ГГц находится точка экстремума (минимума) величины S_{11} .

У антенны с толщиной диэлектрика 2 мм величина коэффициента отражения от входа уменьшается от $-2,5$ дБ на частоте 2,5 ГГц до -23 дБ на частоте 12 ГГц. С дальнейшим ростом частоты значение S_{11} увеличивается. Величина коэффициента отражения изменяется от -23 до -15 дБ. На частоте 12 ГГц находится точка экстремума (минимума) величины S_{11} .

У антенны с толщиной диэлектрика 3 мм величина коэффициента отражения от входа уменьшается от -3 дБ на частоте 2,5 ГГц до $-17,5$ дБ на частоте 8,7 ГГц. С дальнейшим ростом частоты значение S_{11} увеличивается. Величина коэффициента отражения изменяется от $-17,5$ до -10 дБ. На частоте 8,7 ГГц находится точка минимума значения S_{11} .

Заключение. В ходе проведенного моделирования установлено:

- толщина диэлектрического основания эллиптической щелевой антенны влияет на её широкополосность. При увеличении толщины рабочая полоса частот сужается, установлена оптимальная толщина диэлектрика, при которой антенна обладает наибольшей широкополосностью 1,575 мм. Рабочая полоса частот в этом случае 6,2...20 ГГц, т.е. широкополосность составляет 13,8 ГГц;

- проведенный анализ показал, что толщина диэлектрика также влияет на направленные свойства антенны. Увеличение толщины диэлектрика приводит к расширению диаграммы направленности, наименьшая ширина диаграммы соответствует толщине подложки 1,575 мм, когда 2θ по уровню 0,707 равняется 80° . При толщине подложки 3 мм происходит разделение главного лепестка на 2, причем в направлении максимума наблюдается провал диаграммы направленности;

- в результате проведенного моделирования установлено, что толщина диэлектрика оказывает влияние на величину КСВ. При увеличении толщины подложки согласующие свойства ухудшаются и неравномерность частотной характеристики КСВ значительно увеличивается. Хорошее согласование антенны с фидерным трактом наблюдается при толщине диэлектрика 1,575 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микроэлектронные устройства СВЧ: учеб. пособие для радиотехнических специальностей вузов / Г.И. Веселов [и др.]; под ред. Г.И. Веселова. – М.: Высш. шк., 1988. – 280 с.
2. Панченко, Б.А. Микрополосковые антенны / Б.А. Панченко, В.И. Нефедов. – М.: Радио и связь, 1986. – 144 с.
3. Банков, Е.А. Анализ и оптимизация трехмерных СВЧ-структур с помощью HFSS / Е.А. Банков, А.А. Курушин, В.Д. Разевиг. – М.: «Солон», 2004. – 208 с.

Поступила 12.02.2013

MODELLING OF ELLIPTICAL SLOT ANTENNA IN PROGRAM PACKAGE HIGH FREQUENCY SYSTEM SIMULATOR

K. KREMENYA, V. YANUSHKEVICH

The results of modelling an elliptical slot antenna in the software High Frequency System Simulator are presented. The structure of the antenna with the description of its parts is shown. The regularities of changes in the characteristics of the elliptic slot antenna according to the variations of dielectric thickness are identified. Recommendations are given for the development of ultra-wideband antennas used in selection of the thickness of the dielectric. The results can be used in construction of broadband antennas in telecommunication systems.